图书情报工作
ChinaXiv合作期刊
第 66 卷 第 11 期 2022 年 6 月

基于 SCAN-CPM 的产业新兴技术识别与演化路径分析：以新能源汽车产业为例*

■ 郑荣[1,2] 魏明珠[1] 高志豪[1] 王晓宇[1]
[1] 吉林大学商学与管理学院 长春 130022 [2] 吉林大学信息资源研究中心 长春 130022

摘 要：[目的/意义]产业新兴技术能够创造或改变传统产业的经济结构与发展方向，及时、准确识别产业新兴技术并明确合适的发展方向，对产业发展与变革具有重要的战略指导意义。[方法/过程]依据专利 IPC 分类信息，构建 IPC 节点网络，使用网络结构聚类算法（structural clustering algorithm for networks，SCAN）识别产业集群及新兴技术，并进行详细解析；然后基于已经识别的 5 个新兴技术领域专利的时序数据，构建专利节点网络，并借助关键路径分析法（critical path method，CPM）分析不同新兴技术领域下的关键路径，使识别结果更加微观化与精细化。最后以新能源汽车产业为例，从 INCOPAT 专利数据库中获取专利信息进行实证分析。[结果/结论]基于 SCAN-CPM 分析是传统新兴技术识别方法的有益补充，由大及小、由粗及细地展示技术演化路径，为全面识别新兴技术及探测技术演化路径提供新的视角和技术手段。实证分析结果发现：新能源汽车充电桩的内部设计及外部布局仍然是该产业发展的重中之重；热管理技术日益成为相对独立的技术领域，是新能源汽车产业实现“弯道超车”的重要技术支持，演化扩散路径明确；电池包环境、电机散热、电池液冷却技术、热交换器材料等技术问题是未来的重要突破创新点；电机驱动控制系统目前形成较高的专利壁垒。

关键词：新兴技术 技术识别 SCAN 算法 CPM 分析 新能源汽车产业
分类号：G206
DOI：10.13266/j.issn.0252-3116.2022.11.011

1 引言

新兴技术是产业赖以发展与变革的重要基础，引领产业未来创新内容与路径。识别并突破产业新兴技术痛点，才能真正认清未来产业的发展方向。国家“十四五”规划中重点强调，战略性新兴产业代表着产业发展与科技变革的方向，是新兴科技与新兴产业的深度融合，是完善国家创新体系的重大举措。识别产业新兴技术并深入分析其演化路径，根据国内外产业环境适时重组、整合、构建新产业核心能力，超前布局未来产业发展，对进一步推动国家战略性新兴产业赋能社会经济发展具有重要的现实意义。

新兴技术是基于科学的革新，有可能创建一个新的行业或改变某个老行业[1]。D. Rotolo 等总结新时代新兴技术是知识生产进程中形成的短期群集资源同时迅速发展成长的创新性技术[2]。产业新兴技术具备新兴技术的新颖性、不确定性、快速增长性、社区性及创造毁灭性等特点，同时更倾向以产业集群为基础的技术演变。技术识别是以获取产业技术的基础数据及相关特征为基础，通过模型及算法进一步在众多技术集中识别新兴技术的过程[3]。以实际产业发展为基础，技术的发展轨迹更加具有前进顺势性与偏向锁定性，因此产业新兴技术的发展规律有迹可循[4]。通过全面分析新兴技术的演化轨迹，可以进一步梳理技术性能的渐进式创新与突破性创新[5]。伴随着社会发展与时代进步，大量新兴技术不断涌现，但真正能够在产业领域及相关市场中发挥较大价值的技术寥寥无几，因此抓住新兴技术的发展契机，识别具有发展前景的技术，在深入了解的基础上发展这些技术才能在国际产业领域中迅速占领制高点，为国家产业的前瞻性发展提供决策支持。目前对产业新兴技术的识别及演化分析主要是在宏观及中观层面的把控，缺少微观、精细

* 本文系国家社会科学基金一般项目“多源数据驱动下产业竞争情报智慧服务机制与模式研究”（项目编号：21BTQ075）研究成果之一。
作者简介：郑荣，教授，博士生导师；魏明珠，博士研究生，通信作者，E-mail：1135458278@qq.com；高志豪，博士研究生；王晓宇，硕士研究生。
收稿日期：2021-11-16 修回日期：2022-02-24 本文起止页码：100-109 本文责任编辑：王传清

化研究，未能细粒度阐释“产业新兴技术识别－技术关键路径分析”的整个过程，该过程能够在众多专利技术中识别哪些是新兴技术，并细粒度解析新兴技术如何发展及其关键演化路径，为产业技术识别与发展提供战略支撑。因此，笔者在识别产业新兴技术的基础上，充分考虑产业技术的演化过程，依托SCAN算法识别产业新兴技术，并利用CPM算法详细解析产业新兴技术的关键演化路径，由大及小、由粗及细地展示技术发展脉络，充分了解技术的发展轨迹与方向，有助于实现基础研究、技术实验开发和产业创新深度融合，加快突破关键技术、核心技术，为科技创新与管理提供重要的辅助决策依据。

2 文献回顾

随着计算机数据及产业技术范式的变革发展，新兴技术的识别与预测过程愈加多元化、深层次化，其过程经常与文献计量学、文本挖掘及机器学习等方法结合，相较于早期主要基于专家判断的前景分析、头脑风暴等主观性识别方法，基于方法的融合应用进一步拓宽新兴技术识别与预测领域的概念边界[6]。结合文献计量学的新兴技术识别以过往或当前技术特征的量化指标体系为基础实现判定及预测，经常采用科技论文或相关专利的直接引用网络、共现及耦合网络进行聚类分析，依据簇团密度及相似性对预测效果进行评估，同时通过社会网络分析法计算度中心性、中介中心性等指标进一步揭示新兴技术的演化[7-9]。基于结构语义分析法的主－谓－宾(subject-action-object，SAO)结构抽取方法也与社会网络分析法结合，构建SAO网络中的主－谓－宾结构，反映技术特征[10]。结合文本挖掘的新兴技术识别主要通过机器学习算法分析，可以划分为无监督学习和有监督学习，较为典型的是LDA主题模型的技术主题划分与融合神经网络的链路预测[11-12]。对于追踪技术的演化路径，常见的方法是技术路线图，通过将技术资源、人力资源、环境资源及商业规划与时间变化相结合，以图形等可视化方式展示出来，以此预测相关技术的未来发展趋势。技术路线图的方法强调产品到市场的发展过程，反映同一维度随时间变化而发展的过程，是对某一技术领域未来延伸的看法，更侧重于技术预测，被广泛应用于技术预见领域[13]。M. Epicoco提出在技术演化路径分析中，主路径分析能够强化突出技术演化的表达，CPM分析更适用于深入分析近期的重要技术演化[14]。

然而，以上方法也具有相对局限性。前景分析、头脑风暴等主观性识别方法等的运用更多依赖技术专家，容易受到专家的主观性影响；结合文献计量学的新兴技术识别以聚类网络为依据识别新兴技术，但在技术演化分析等方面受到限制，无法深入阐释新兴技术演化的可解释关键路径；结合机器学习算法的识别方法更注重对技术主题内容的处理与分类，并非真正用于“识别”技术的“新”与“兴”[15]。总体来说，目前新兴技术识别与技术演化分析无法实现连贯有效的综合分析，缺少从新兴技术识别到新兴技术演化的精细化、全面化研究，或者注重以聚类网络为基础的技术识别，或者注重以技术路线图为主的技术追踪演化分析，较少将二者结合起来。因此，笔者基于方法的融合应用对现有新兴技术识别方法进行优化：首先，全面发挥聚类分析算法的优势，在专利技术复杂网络中快速准确识别新兴技术；其次，在识别的新兴技术基础上，重新构建新兴技术专利节点网络，识别技术演化关键路径，细粒度阐释技术积累并准确识别新兴技术发展轨迹的主要方向，赋能产业领域内的技术创新发展，实现学术探索与社会实际发展的双向奔赴。

3 研究设计与方法

3.1 研究框架

笔者基于文献阅读及相关资料查询，总结专利检索式，利用INCOPAT专利数据库中相关专利数据，构成数据研究样本。以新能源汽车相关专利数据为基础，提取专利数据中的IPC分类共现信息，以IPC之间的相关性为依据确定顶点，以顶点之间的相似度确定边，以此为基础构建IPC节点网络，并通过社区发现算法——网络结构聚类算法进行分析，进一步识别新能源汽车产业领域中存在的新兴技术。根据IPC节点网络中识别的桥节点，抽取对应的全部专利，根据专利的时序信息构建专利节点网络，通过CPM算法实现产业技术专利的关键路径分析，进一步深入挖掘产业新兴技术的发展脉络与演化路径，研究框架见图1。

3.2 研究方法

笔者将网络结构聚类算法与关键路径分析相结合，SCAN算法能够在大型复杂网络中识别潜在集群关系，识别产业领域内有发展潜力的新兴技术领域；以此为基础，CPM分析进一步细粒度分析新兴技术的关键发展路径，使识别结果更加微观化与精细化。

3.2.1 SCAN算法

网络结构聚类算法是新型的图结构聚类算法[16]，基于网络结构相似性度量对网络结构的顶点进行聚

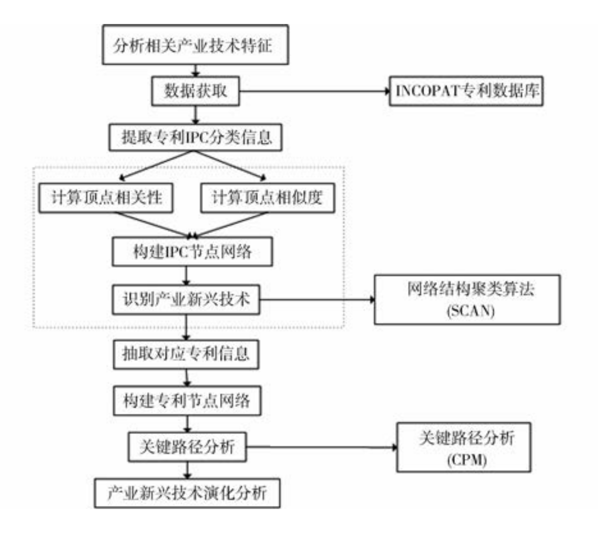


图 1 研究框架

类，进一步探究隐藏的网络底层结构，挖掘网络结构中集群、离群点及桥节点，以此实现关键节点及潜在节点挖掘。SCAN 算法以网络结构顶点的邻域作为聚类标准，按照顶点共同邻域进一步分组到不同集群中，以网络结构顶点结构及其连接性为聚类标准，实现集群、离群点及桥节点的划分。桥节点从狭义角度定义为桥接不同集群的孤立顶点，是复杂网络中知识传播的关键点；离群点是指最多只与一个集群相连接的孤立顶点，能够准确体现新兴技术的潜伏期状态[17]，因此离群点也具备一定的研究价值。SCAN 算法不仅能够准确识别桥节点与离群点，还只对各个顶点网络遍历一次并找到结构连接簇，因此具有速度快、准确性高的优势[18-19]。

3.2.2 CPM 分析

关键路径分析法以产业领域专利的时序数据为基础，通过计算复杂网络中的初始顶点与最新顶点之间的路径总数，进一步分析所涉及的整个时间段内的技术发展轨迹的主要方向。关键路径分析算法能够映射所有可能的技术发展轨迹流向，最终选出最重要的一条发展路径与方向。因此，通过 CPM 算法识别出的技术发展路径具有较高的技术累积性。CPM 算法是基于搜索路径数(search path count, SPC)发展而来，该方法根据主路径分析计算边的遍历权重[20]。其中，遍历权重能够准确体现复杂网络中连接入口顶点到结束顶点的路径的重要性。CPM 算法能够准确识别新兴技术发展轨迹的主要方向，侧重于表达技术积累与演化，同时适合于最近年限范围的重要技术演化分析[15]。基于以上分析，笔者认为 CPM 算法更适合对新兴技术发展轨迹的演化分析。

3.2.3 SCAN-CPM 方法运用的综合优势

产业新兴技术的识别与演化路径分析需要对技术出现时间、创新性、突破性、技术积累性等关键信息加以识别，因此不仅需要对相关数据进行一定范围圈选，还需要细粒度对技术发展轨迹与方向进行详细划分。因此笔者引入方法论融合层面的多元方法视角，选取网络结构聚类算法与关键路径分析方法识别产业新兴技术，并进一步分析其演化路径。

SCAN 算法的优势在于它能够在大型网络结构中快速识别出桥节点与离群点，区别于其他聚类算法使用直接相连的顶点作为依据，SCAN 算法使用顶点邻域作为聚类标准，更加符合技术专利发展过程的延续性。CPM 算法的优势在于能够充分与 SCAN 算法相融合，知微见著，以 SCAN 算法识别结果为基础，重新构建专利节点网络，在众多专利演化路径中细粒度解读新兴技术的关键发展轨迹与方向，改进了 SCAN 算法结果解释性不够的缺陷，更加微观化、精细化阐释新兴技术发展的目标方向。因此，将 SCAN 算法与 CPM 分析相结合，能够由大及小、由粗及细的全方面细粒度划分产业集群，识别产业新兴技术，分析相关产业领域内的技术发展脉络，为产业新兴技术的识别与演化路径分析提供新的视角与技术手段，基于 SCAN-CPM 分析的产业新兴技术识别与演化路径分析如图 2 所示：

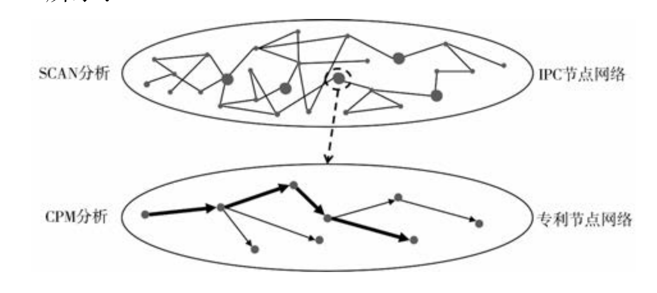


图 2 基于 SCAN-CPM 的产业新兴技术识别与演化路径分析示意

4 实证分析——以新能源汽车产业为例

典型的产业新兴技术选择是本文的重要内容之一。作为强国战略的重要支柱，新能源汽车产业被明确列入《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》(2016 版)中，是保障未来经济增长突破口和能源转型的关键途径，是国家安全保障的重要堡垒。在新能源汽车产业全面进入“拼内功”的阶段，全面准确掌握首要新兴技术及其发展轨迹能够对新能源汽车产业技术创新突破实现缓急相济的效果。

4.1 数据来源与处理

笔者以INCOPAT专利信息数据库作为基础数据来源，构造检索式TIAB=((“汽车”AND“新能源”)OR“新能源汽车”OR((automobile)AND(new energy))OR(new energy automobile)OR(new energy vehicles OR NEVs OR (green energy) OR (clean energy)))。自2018年国务院、工信部出台多项新能源汽车政策促使新能源汽车产业进一步发展，同时考虑新能源汽车的相关专利具有一定的时效性，笔者主要研究该产业的阶段性演化，因此将检索时间段确定为2018－2021年，检索时间为2021年7月。由于INCOPAT数据库外文专利并未全面开放，因此分析部分主要针对国内新能源汽车产业做进一步演化分析。本次检索获得10 085条专利，识别并剔除无关与干扰性专利，最终确定专利数量为9 979条。

4.2 专利IPC分类信息提取

SCAN算法是基于图聚类的无监督学习算法，利用图结构对专利数据进行聚类。专利数据集的IPC分类号通过不同位数区分技术领域范围及相应的特征，具有多个IPC分类号表示涉及多个技术领域。因此，笔者通过Python从专利数据集中提取IPC分类信息，并进一步读取IPC数据，保存为txt格式的数据集，为后续SCAN算法的分析奠定数据基础。

4.3 SCAN分析

SCAN算法将数据集中专利的IPC分类号表示为ω，作为图结构的顶点；对所有顶点的专利范围进行遍历，找到和某个顶点G所有关联的顶点，顶点与顶点之间的关联关系采用字典存储，即表示顶点与顶点之间是否具有专利共现情况，顶点之间的相关性计算如公式(1)所示：

$$r(w \to v) = \frac{|(F(v) \cap F(w))|}{|(F(v))|} \qquad 公式(1)$$

在公式(1)中，$r(w \to v)$表示顶点w对顶点v的联系程度，即顶点w对顶点v的相关性，$F(v)$表示IPC分类号v对应的专利集合，$F(w)$表示IPC分类号w对应的专利集合，$|*|$表示集合中专利的数量，顶点相关性值如表1所示：

表1 顶点相关性信息表(部分)

序号	顶点1	顶点2	相关性	序号	顶点1	顶点2	相关性
1	H01M10/6561	H01M10/613	0.927	6	B60R11/04	B60R1/00	0.077
2	H01M10/6561	H01M50/264	0.073	7	B60R11/04	H04N5/225	0.231
3	F16H48/38	F16H57/023	0.333	8	B60R11/04	H04N5/232	0.077
4	B07C5/34	H01M10/54	0.167	9	H01M50/249	H01M50/583	0.002
5	G06F30/23	G06F30/15	0.858	10	H01M50/249	H01M10/6562	0.023

顶点之间的相似度即边的权重是基于两个及两个以上的顶点或集群之间的相似程度判定，顶点相似度表示同一个簇族中，一个顶点与其相邻顶点共同拥有相同的邻居顶点，即共享邻域，利用两个顶点共同邻居的数目与两个顶点邻居数目的几何平均数的比值进行表示，顶点相似度计算见公式(2)。这样考虑到了顶点的邻居顶点的特征，在迭代过程中始终考虑到顶点公共邻居，使得集群的划分和专利方向联系更加紧密。

$$\sigma = \frac{|\varphi(v) \cap \varphi(w)|}{\sqrt{|\varphi(v)||\varphi(w)|}} \qquad 公式(2)$$

在公式(2)中，$\varphi(x)$表示顶点x及其相邻顶点所组成的集合。笔者根据上下文内容调整参数σ为0.5，通过计算顶点的频率并进行降序排列，选取频率最高的前50个顶点，共关联IPC分类信息1 547个，本文所涉及的IPC分类信息数为4 721个，因此，频率最高的前50个顶点的IPC分类信息占比为32.8%，接近三分之一，具有合理性。同时遍历顶点之间边的集合并存储；根据上下文内容调整邻居数目为3，最终生成网络图结构G。

对网络图结构G中的顶点进行相似度计算，计算结果按照相似度值进行降序排序，顶点相似度值top20见表2。对相似度值四舍五入保留小数点3位，并统计顶点间相似度值频数(见图3)，可以看出相似度值相对集中在区间范围[0.3, 0.8]。进一步对所得到的网络顶点相似度进行数值分析，其中相似度值平均数为0.564，中位数为0.577，众数为0.577，方差为0.021，标准差为0.144。

运用SCAN算法对新能源汽车产业领域的新兴技术识别的结果见图4。图结构各顶点代表专利的IPC分类号，顶点之间的连接边代表专利之间具有相互关联关系。最终识别结果得到5个新兴技术领域及8个产业集群，其中因离群专利不是本文研究的主要内容，且离群专利涉及边缘技术，所以识别结果不包含离群专利。

图书情报工作
第 66 卷 第 11 期 2022 年 6 月

表 2 顶点相似度信息表(top20)

序号	顶点 1	顶点 2	相似度	序号	顶点 1	顶点 2	相似度
1	H01R13/52	H01R13/502	1.000	11	H01M10/625	H01M50/249	0.801
2	H01M10/625	H01M10/613	0.938	12	H01M10/613	H01M10/6563	0.798
3	B60L53/18	B65H75/44	0.866	13	H01M50/244	H01M50/242	0.789
4	H01M50/249	H01M50/244	0.850	14	H01M10/6556	H01M10/6568	0.775
5	H01M10/6563	H01M10/6556	0.845	15	H01M10/6556	H01M10/6554	0.775
6	H01R13/52	H01R13/639	0.833	16	H01M50/242	H01M50/264	0.775
7	H01R13/502	H01R13/639	0.833	17	H01M50/242	H01M50/204	0.775
8	H01R13/52	H01R13/629	0.816	18	H01M50/242	H01M50/258	0.775
9	H01R13/502	H01R13/629	0.816	19	H01M10/6567	H01M10/635	0.772
10	H01R13/629	H01R13/639	0.816	20	B60L53/31	B60L53/302	0.756

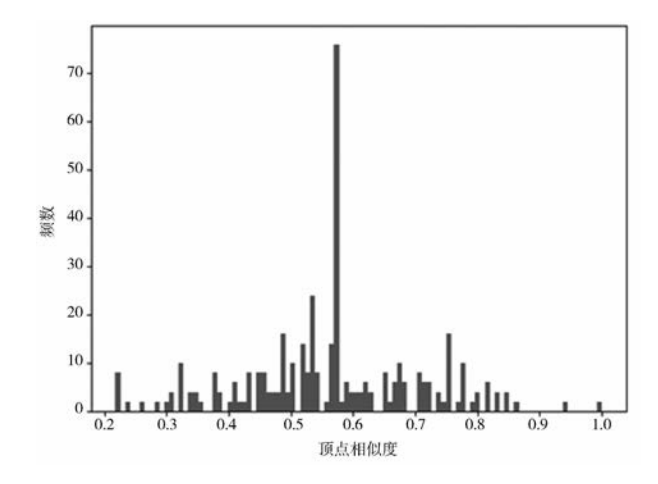


图 3 网络节点相似度数值统计

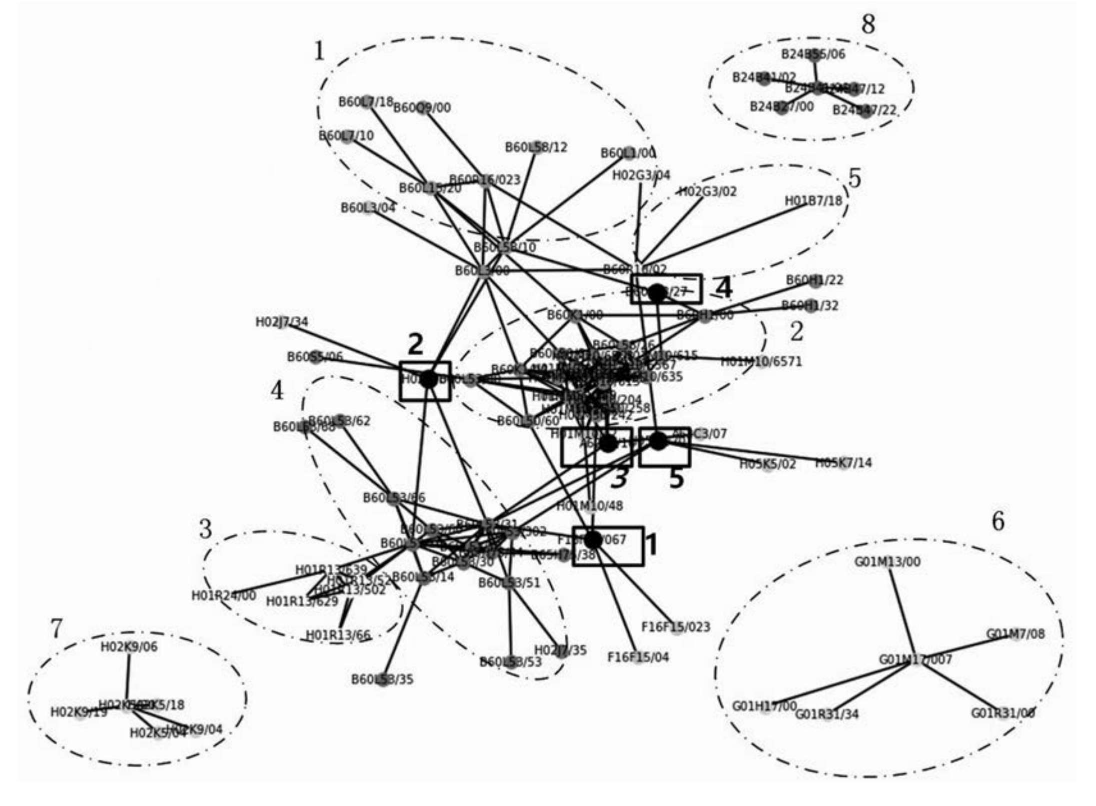


图 4 SCAN 算法识别结果

在图4中,长方形圈出来的顶点处于桥节点位置,分别通过几度范围内关联到多个集群,即在多个技术领域范围均具有一定的影响力,符合新兴技术的社区性特征[21];同时,新兴技术具有一定的新颖性,因此其邻居顶点较少,并与多个技术集群有所关联,也间接体现了新兴技术的关键性[21-23]。基于以上分析,确定图4中长方形圈出的节点代表新能源汽车产业领域的新兴技术,可通过专利的IPC分类号进一步深入挖掘新兴技术的具体内容。

图4中不同圆圈内代表不同的集群,旁边的数字代表集群编号,集群之间具有相对紧密的联系。同时,新兴技术也与多个产业集群具有关联关系。顶点的大小与连接边的密度分别代表专利及集群链接的相对重要性。对集群的网络结构做进一步分析,具体见表3。平均节点介数中心性与网络结构的同步能力密切相关,节点的最大介数越大,网络集群的同步能力越弱,即在8个集群中,集群1的同步能力较弱。平均节点度中心性表示节点在网络结构中的重要性,集群2的平均节点度中心性最高,表明在整个网络结构中,集群2具有重要作用和意义。平均节点距离中心性通过距离表示节点在网络结构中的重要性,该值越大表明节点到其他节点的距离越近,中心性越高。集群2的平均节点距离中心性最高,表明在集群2中,内部节点相关性和相似度较高,由此可知专利的延续性较为紧密。

表3　集群的相关网络参数

集群	平均节点介数中心性	平均节点度中心性	平均节点距离中心性
1	0.030	0.053	0.232
2	0.018	0.084	0.252
3	0.008	0.038	0.189
4	0.028	0.040	0.233
5	0.016	0.024	0.205
6	0.001	0.018	0.034
7	0.001	0.018	0.034
8	0.001	0.018	0.034

图4突出了新能源汽车产业领域技术发展的丰富性与复杂性,从而产生了不同的技术轨迹与发展方向。基于新兴技术顶点与相关集群的IPC分类信息综合分析,进一步对新兴技术的技术分类特征信息细粒度分析,新兴技术节点的特征信息见表4,集群特征信息见表5。

表4　新兴技术相关特征

新兴技术	相关IPC	链接集群	相关描述
技术1	F16F15/067	集群2 集群4	涉及新能源充电桩的技术领域。通过密封门、缓冲板、缓冲弹簧、竖板、斜板和限位弹簧的设计,保护充电桩内部的电器元件,避免了现有的充电桩容易受到车辆的碰撞,导致充电桩发生损坏的问题,提高了充电桩使用安全性
技术2	H02J7/00	集群1 集群2 集群4	该新兴技术涉及用于新能源汽车的车载充电系统,简化设备,降低成本,提高电池的使用效率,通过电池串并联组合,克服低压蓄电池馈电,通过第一、第二微控制器等电池管理系统,增加电池管理系统运行的安全性以及提高系统鲁棒性,扩大充电范围,防止老化,提高车载充电系统的实用性
技术3	A62C3/16	集群2 集群4	该新兴技术涉及新能源汽车电池保护装置,一方面用于放置电池的电池盒及位于电池盒外部的防护机构,若遇明火可起阻燃效果;另一方面涉及车用电池组用安装支架,包括连接机构、箱体及截断刀。保护电池箱,提高电池组安全性
技术4	B60L58/27	集群1 集群2 集群5	该新兴技术属于新能源汽车热管理技术领域。根据第一管路和第二管路不同状态的切换,以构成制热回路,促使新能源汽车热管理系统的管路布置简单,所利用的元器件较少,能统一解决大部分能源分配及利用的问题,综合性能优越
技术5	H05K7/20	集群2 集群4	该新兴技术涉及新能源汽车电机控制系统及外部保护装置领域。通过控制器外部通风装置及内部箱体缓冲板的系统组合,提高散热效率,保护电缆,延长使用寿命。同时通过设置水箱、降温水帘和负压风机,解决了充电桩外部温度过高的问题,给装置主体内降温,从而降低了充电桩外部的温度,通过设置散热装置解决了充电桩内部过热的问题,冷却充电桩内部电子元器件及电子设备,通过设置滑轮、滑槽、插销、插销孔、限位块和防撞板,解决了充电桩无法防撞的问题

第1个新兴技术的IPC分类为F16F15/067,技术方向与新能源汽车充电桩领域相关,主要通过密封门、缓冲板、缓冲弹簧、竖板、斜板和限位弹簧的设计,提高新能源汽车充电桩的安全使用性能。与该新兴技术相链接集群为集群2和集群4,结合这两个集群的IPC分类信息,新兴技术1的识别结果为新能源汽车充电桩内部电池元件设计及系统结构使用安全的相关技术。

第2个新兴技术的IPC分类为H02J7/00,技术方向与新能源汽车载充电系统领域相关,通过电池组系统的串并联管理及微控制器设置,提高系统鲁棒性。它与集群1、集群2及集群4相链接,结合集群IPC分类信息,新兴技术2的识别结果为用于新能源汽车车载充电系统的制备技术。

第3个新兴技术的IPC分类为A62C3/16,技术方向与新能源汽车电池组保护领域相关,它与集群2和集群4相链接,结合集群IPC分类信息,新兴技术3的识别结果为用于新能源汽车电池保护装置的制备技术。

表 5 集群特征信息

集群	相关 IPC	相关描述
集群 1	[' B60L53/14',' B60L53/16',' B60L53/18',' B60L53/30',' B60L53/302',' B60L53/31', 'B60L53/35',' B60L53/51',' B60L53/53',' B60L53/60',' B60L53/62',' B60L53/66', 'B60L53/68','B65H75/38', 'B65H75/44', 'H02J7/35']	该集群涉及新能源设备技术领域,主要针对充电桩设备,包括辅助充电装置、可移动式、多功能充电桩等
集群 2	['B60H1/00','B60H1/22','B60H1/32','B60K1/00', 'B60K1/04','B60L50/60','B60L50/64',' B60L53/80',' B60L58/26',' B60S5/06',' H01M10/613',' H01M10/615',' H01M10/625',' H01M10/635',' H01M10/6551',' H01M10/6554',' H01M10/6556',' H01M10/6563', 'H01M10/6567',' H01M10/6568',' H01M2/10',' H01M50/204',' H01M50/242',' H01M50/244','H01M50/249','H01M50/258','H01M50/264']	该集群涉及新能源汽车热管理系统的相关技术,包括空调冷凝、热量回收以及电池组的相关保护技术
集群 3	[' H01R13/502',' H01R13/52',' H01R13/629', ' H01R13/639', ' H01R13/66', 'H01R24/00']	该集群涉及新能源汽车充电口的相关细粒度技术
集群 4	['B60L1/00','B60L15/20','B60L3/00','B60L58/10','B60L58/12','B60L7/10','B60L7/18','B60Q9/00','B60R16/023']	该集群主要包括新能源汽车发电机的相关创新技术、监测技术及测量技术
集群 5	['B60R16/02','H01B7/18','H02G3/02','H02G3/04']	该集群主要针对新能源汽车用防护装置的技术
集群 6	['G01H17/00','G01M13/00','G01M17/007','G01M7/08', 'G01R31/00', 'G01R31/34']	该集群主要涉及新能源车辆电信号测试装置,包括基于物联网的相关应用
集群 7	['H02K5/04','H02K5/18','H02K5/20','H02K9/04', 'H02K9/06', 'H02K9/19']	该集群主要涉及新能源汽车的电机技术领域
集群 8	['B24B27/00','B24B41/02','B24B41/06','B24B47/12','B24B47/22', 'B24B55/06']	该集群主要涉及新能源汽车零部件及配件领域的创新应用

第 4 个新兴技术的 IPC 分类为 B60L58/27,技术方向与新能源汽车热管理系统相关,解决大部分能源分配及利用的问题,提升新能源汽车的综合性能。它与集群 1、集群 2 及集群 5 相链接,结合集群 IPC 分类信息,新兴技术 4 的识别结果为用于新能源汽车热管理系统的制备技术。

第 5 个新兴技术的 IPC 分类为 H05K7/20,技术方向与新能源汽车电机控制系统及外部保护装置领域相关,它与集群 2 和集群 4 相链接,结合集群 IPC 分类信息,新兴技术 5 的识别结果为用于新能源汽车电机组装置的制备技术。

4.4 CPM 分析

根据 SCAN 算法的新兴技术识别结果,进一步提取 F16F15/067、H02J7/00、A62C3/16、B60L58/27、H05K7/20 的技术领域下的专利数据信息,基于专利时序数据进行 CPM 分析,最终得到新能源汽车产业领域新兴技术的关键路径,具体分析如下:

(1)技术领域 F16F15/067。技术领域 F16F15/067 的 CPM 分析结果见图 5。该条关键路径包含 12 个节点,沿着竖轴向上延伸,能够随着时间的推移清晰展示技术发展的主要路径。进一步挖掘 CPM 专利内容,该路径涉及能源补充领域,具体为新能源汽车充电桩内部元件使用安全性问题,随着技术发展,多种技术及元件逐步应用于新能源汽车充电桩中。路径终端结果为专利 CN213534483U,该技术涉及一种可移动的新能源汽车充电桩技术,强调安装板、缓冲板的连接问题。

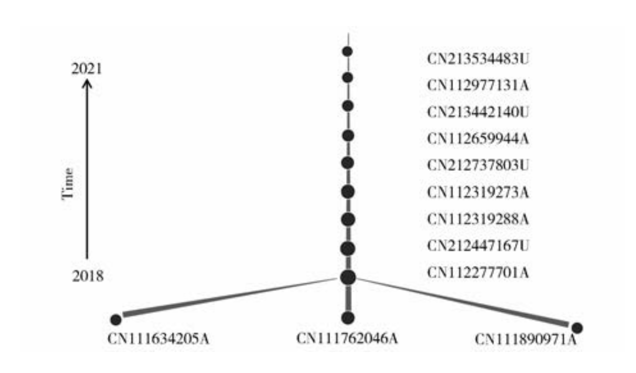


图 5 F16F15/067 技术领域关键路径

(2)技术领域 H02J7/00。技术领域 H02J7/00 的 CPM 分析结果见图 6。该条关键路径包含 9 个节点,该路径为新能源汽车车载充电系统性能优化问题。通过优化电池管理系统,增加电池管理系统运行的安全性以及提高系统鲁棒性。路线中最新专利 CN108282006B 技术为用于新能源汽车的便捷型车载充电系统,收线机构包括供电组件、导轨、丝杆、转动轴、第一滑动块、导向环、第二滑动块、充电线、传动组件、制动组件、两个转盘和两个伸缩绳,通过收线机构,不仅扩大了充电系统的充电范围,同时将充电线有序地收纳到充电系统的内部,降低了充电线缠绕到一起的几率,通过防尘机构,不仅减少了进入 USB 接口内部的灰尘的数量,还降低了充电系统在使用的过程中 USB 接口发生损坏的几率,提高了充电系统的实用性。

(3)技术领域 A62C3/16。技术领域 A62C3/16 的 CPM 分析结果见图 7。该条关键路线主要为新能源汽

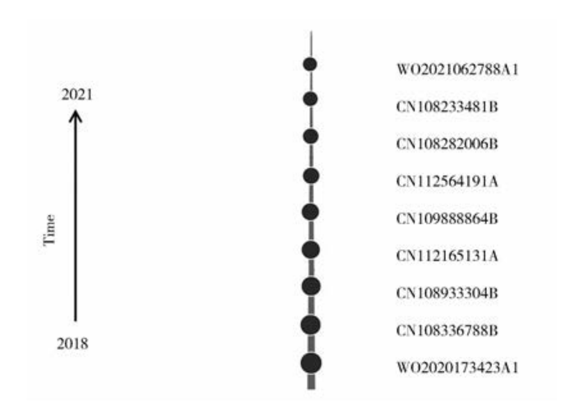


图 6　H02J7/00 技术领域关键路径

车电池保护技术,技术内容较为新颖,因此关键节点较少,只有 3 个,分别包括通过阻燃技术防止电池燃烧的电池保护装置、基于前后连接机构防止变形元件伤害电池的防护技术、结构稳定的车用电池组安装支架技术。

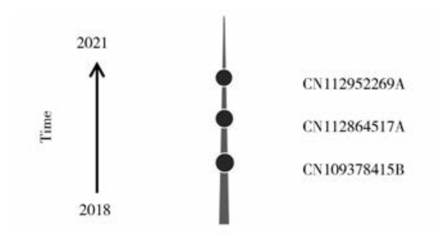


图 7　A62C3/16 技术领域关键路径

(4)技术领域 B60L58/27。技术领域 B60L58/27 的 CPM 分析结果见图 8。该技术领域有 2 条关键路径,均涉及新能源汽车热管理技术领域,以 CN110281735B 为路径分支节点,左侧关键路径基于整车一体式的热管理系统,将原先单独的空调系统、电池包热管理系统和动力冷却系统 3 部分控制集成到同一个控制器,实现对整车更精准的控制。右侧关键路径以电机散热及其回路控制为主要研究方向,将换热器分别连接在电池热管理回路的主支路和空调回路中的换热支路上,使得空调回路和电池热管理回路可以实现热量的交换,无论在车辆行驶时还是在车辆充电时,都可以对系统内的热量进行分配,实现对电驱装置、空调和电池装置的统一热管理。

(5)技术领域 H05K7/20。技术领域 H05K7/20 的 CPM 分析结果见图 9。该条关键路径包含 13 个节点,主要技术方向为新能源汽车充电桩领域,主要包括电机控制系统及外部保护装置。最初技术为通过第一和第二螺旋杆的巧妙设置,从便利性角度优化充电桩装置的使用便捷性,既有效保证了充电桩的正常工作,又能提高其使用寿命。随着技术发展改进充电桩的移动

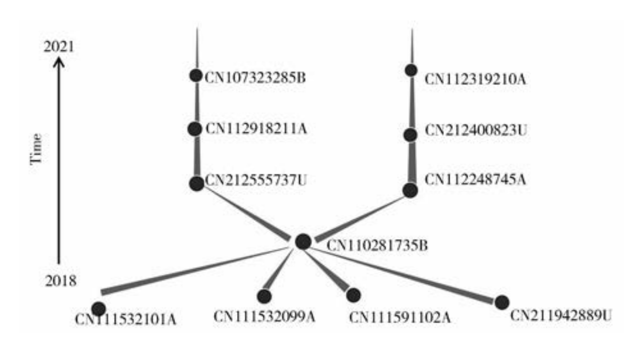


图 8　B60L58/27 技术领域关键路径

性、防撞和降温、电缆保护、多机电控制系统、高效散温等,最新专利为 CN112822892A,通过储水箱、潜水泵、滑块、滚轴套、支撑板、海绵圈、滚珠丝杠、第二转动杆、第二滚动轴承、第一滚动轴承和第一转动杆,将水均匀地涂抹在控制器壳体的表面,以便于后续将这部分水快速地蒸发,进而可以高效地为控制器壳体散热,从而提高了该控制器的使用寿命。

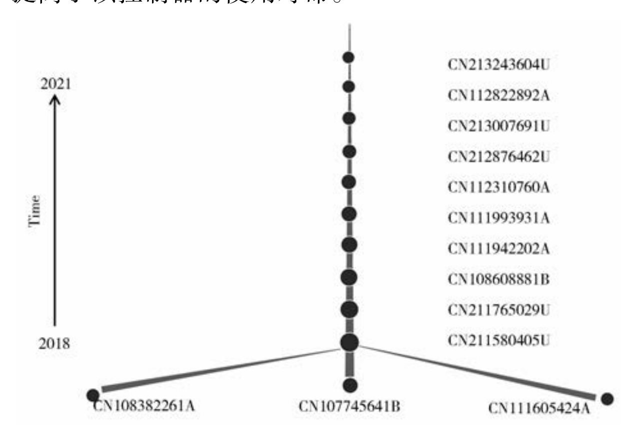


图 9　H05K7/20 技术领域关键路径

基于 CPM 分析获得的 5 个新兴技术领域的最新技术,通过文献查阅、专家证明检验结果的准确性,具体如下:①围绕新能源汽车充电桩拓展创新技术领域。根据文献及国家最新相关政策,新能源充电桩是国家发展“新基建”的重要产业方向之一,国家对充电桩产业的上中下游的支持力度加大,对其技术战略进一步加大布局,因此该结果适合作为国内新能源企业未来技术发展布局对象之一。②新能源汽车的车载充电系统的技术研究进一步降低交通运输成本,加速“人、车、系统平台”三位一体,是未来结合充电技术与新能源汽车的重要中介力量。目前,该技术处于发展状态,国家鼓励支持国内车载充电系统技术的自我创新,因此,车载充电系统技术与国家未来发展计划相符。③新能源汽车电池保护装置是保证新能源汽车使用安全性与舒适性的重要技术领域,相关专家指出,电池保护装置是

对充电系统的进一步细化研究,是未来研究的重要方向。④新能源汽车热管理相对于传统汽车产业实现从 0 到 1 的技术突破,是成长性极强的赛道,是新能源汽车产业实现弯道超车的重要技术支持。电池包环境、电机散热、电池液冷却技术、热交换器材料等技术问题是未来的重要突破创新点。⑤电机驱动控制系统是新能源汽车车辆行驶的主要执行结构,作为动力系统的控制中心,其研发目前形成了较高的专利壁垒,但在电机机械结构、材料装备等仍需要继续深入研究,进一步提升新能源汽车的动力输出。

5 结论

笔者立足情报研究视角,充分利用专利数据,基于网络结构聚类算法及关键路径分析方法的融合应用,提出一种产业新兴技术识别及其演化路径分析方法,并通过新能源汽车产业实证分析结果有效验证该方法的有效性与可行性,对相关产业未来发展布局具有重要的指导意义。笔者提出两种方法的融合应用,互补结合,相辅相成,突破了使用单一方法的局限性;丰富了新兴技术识别的研究方法与理论机制,发现隐藏的具有发展潜力的新兴技术,并深入挖掘其演化路径,为相关产业未来发展布局提供科学客观的有效依据。后续研究将从以下两个方面进行深入探讨:一方面,针对专利数据库不够全面的问题,未来研究将融合多源数据对新兴技术识别结果进行完善;另一方面,针对新能源汽车产业细分内容,未来将采用机器学习、知识图谱等方法深入挖掘,细化研究,为未来产业发展精准迎合技术与市场需求、优化技术资源、超前布局产业未来发展提供理论和方法参考。

参考文献:

[1] 戴,休梅克. 沃顿论新兴技术管理[M]. 石莹,译. 北京:华夏出版社,2002.
[2] ROTOLO D, HICKS D, MARTIN B R. What is an emerging technology? [J]. Research policy,2015,44(10):1827-1843.
[3] 周潇. 新兴技术热点领域识别及技术路线图研究[D]. 北京:北京理工大学,2015.
[4] 陈亮,张志强. 技术演化研究方法进展分析[J]. 图书情报工作,2012,56(17):59-66.
[5] DOSI G. Technological paradigms and technological trajectories [J]. Research ploicy,1982,11(2):147-162.
[6] 吕璐成,赵亚娟. 基于专利数据的技术融合研究综述[J]. 图书情报工作,2021,65(6):138-148.
[7] 卢小宾,杨冠灿,徐硕,等. 计量与演化视角下的新兴技术识别研究进展评述[J]. 情报学报,2020,39(6):651-661.
[8] FUJITA K, KAJIKAWA Y, MORI J, et al. Detecting research fronts using different types of weighted citation networks[J]. Journal of engineering and technology management,2014,32(SI):129-146.
[9] 李瑞茜,陈向东. 基于专利共类的关键技术识别及技术发展模式研究[J]. 情报学报,2018,37(5):49-56.
[10] CHOI S, YOON J, KIM K, et al. SAO network analysis of patents for technology trends identification: a case study of polymer electrolyte membrane technology in proton exchange membrane fuel cells [J]. Scientometrics,2011,88(3):863-883.
[11] 罗建,蔡丽君,史敏. 基于专利的两阶段新兴技术识别研究——以图像识别技术为例[J]. 情报科学,2019,37(12):57-62.
[12] 黄璐,朱一鹤,张嶷. 基于加权网络链路预测的新兴技术主题识别研究[J]. 情报学报,2019,38(4):335-341.
[13] 丁云龙,谭超. 作为技术预见工具的技术路线图及其应用前景[J]. 公共管理学报,2006(4):40-45,108-109.
[14] EPICOCO M. Knowledge patterns and sources of leadership: mapping the semiconductor miniaturization trajectory[J]. Research policy,2013,42(1):185-190.
[15] 王玏,吴新年. 新兴技术识别方法研究综述[J]. 图书情报工作,2020,64(4):125-135.
[16] XU X W, YURUK N, FENG Z D, et al. SCAN: a structural clustering algorithm for networks[C]//13th international conference on knowledge discovery and data mining. New York: ACM. 2007:824-833.
[17] 孔德婧,董放,陈子婧,等. 离群专利视角下的新兴技术预测——基于 BERT 模型和深度神经网络[J]. 图书情报工作,2021,65(17):131-141.
[18] NEWMAN M E J, GIRVAN M. Finding and evaluating community structure in networks[J]. Physical review E statistical nonlinear & soft matter physics,2004,69(2):26-34.
[19] MARTIN R, BERGSTROM C T. Maps of random walks on complex networks reveal community structure[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2007,105(4):18-23.
[20] BATAGELJ V. Efficient algorithms for citation network analysis [J]. Computer science,2003,41(897):1-29.
[21] 宋欣娜,郭颖,席笑文. 基于专利文献的多指标新兴技术识别研究[J]. 情报杂志,2020,39(6):76-81,88.
[22] 冯立杰,尤鸿宇,王金凤. 专利技术创新路径识别及其新颖性评价研究[J]. 情报学报,2021,40(5):513-522.
[23] 马永红,孔令凯,林超然,等. 基于专利挖掘的关键共性技术识别研究[J]. 情报学报,2020,39(10):1093-1103.

作者贡献说明:
郑荣:提出研究命题、研究思路及论文修订;
魏明珠:负责论文撰写、修改及数据分析与处理;
高志豪:负责文献收集及算法校验;
王晓宇:负责数据采集及英文翻译。

SCAN-CPM-Based Industry Emerging Technology Identification and Evolution Path Analysis: Taking the New Energy Automobile Industry as an Example

Zheng Rong[1,2] Wei Mingzhu[1] Gao Zhihao[1] Wang Xiaoyu[1]

[1] School of Business and Management, Jilin University, Changchun 130022

[2] Information Resource Research Center, Jilin University, Changchun 130022

Abstract: [Purpose/Significance] Emerging industrial technologies have a major role in creating or changing the economic structure and development direction of traditional industries. It has important strategic and practical guiding significance for industrial development and reform to identify emerging industrial technologies in a timely and accurate manner and clarify the appropriate development direction. [Method/Process] According to the patent IPC classification information, this paper built an IPC node network, used the structural clustering algorithm for networks (SCAN) to identify industrial clusters and emerging technologies, and analyzed them in detail; then based on the time-series data of the five identified emerging technology patents, it constructed a patent node network and performed CPM to realize critical path analysis under the field of different emerging technologies, making the recognition results more microscopic and refined. Finally, taking the new energy automobile industry as an example, it obtained patent information from INCOPAT patent database for empirical analysis. [Result/Conclusion] Analysis based on SCAN-CPM is a useful supplement to the traditional emerging technology identification method. It displays the technology evolution path from large to small, from coarse to detailed, and provides a new perspective and technical means for comprehensively identifying emerging technologies and detecting technology evolution paths. The empirical analysis finds that: the internal design and external layout of charging piles for new energy vehicles are still the top priority for the development of the industry. Thermal management technology has increasingly become a relatively independent technical field. It is an important technical support for the new energy automobile industry to achieve overtaking on a curve. The evolution and diffusion path is clear. The technical issues such as battery pack environment, motor heat dissipation, battery liquid cooling technology, and heat exchanger materials are important breakthroughs and innovation points in the future. The motor drive control system currently forms a relatively high patent barrier.

Keywords: emerging technology　technology identification　SCAN algorithm　CPM anlysis　new energy automobile industry